

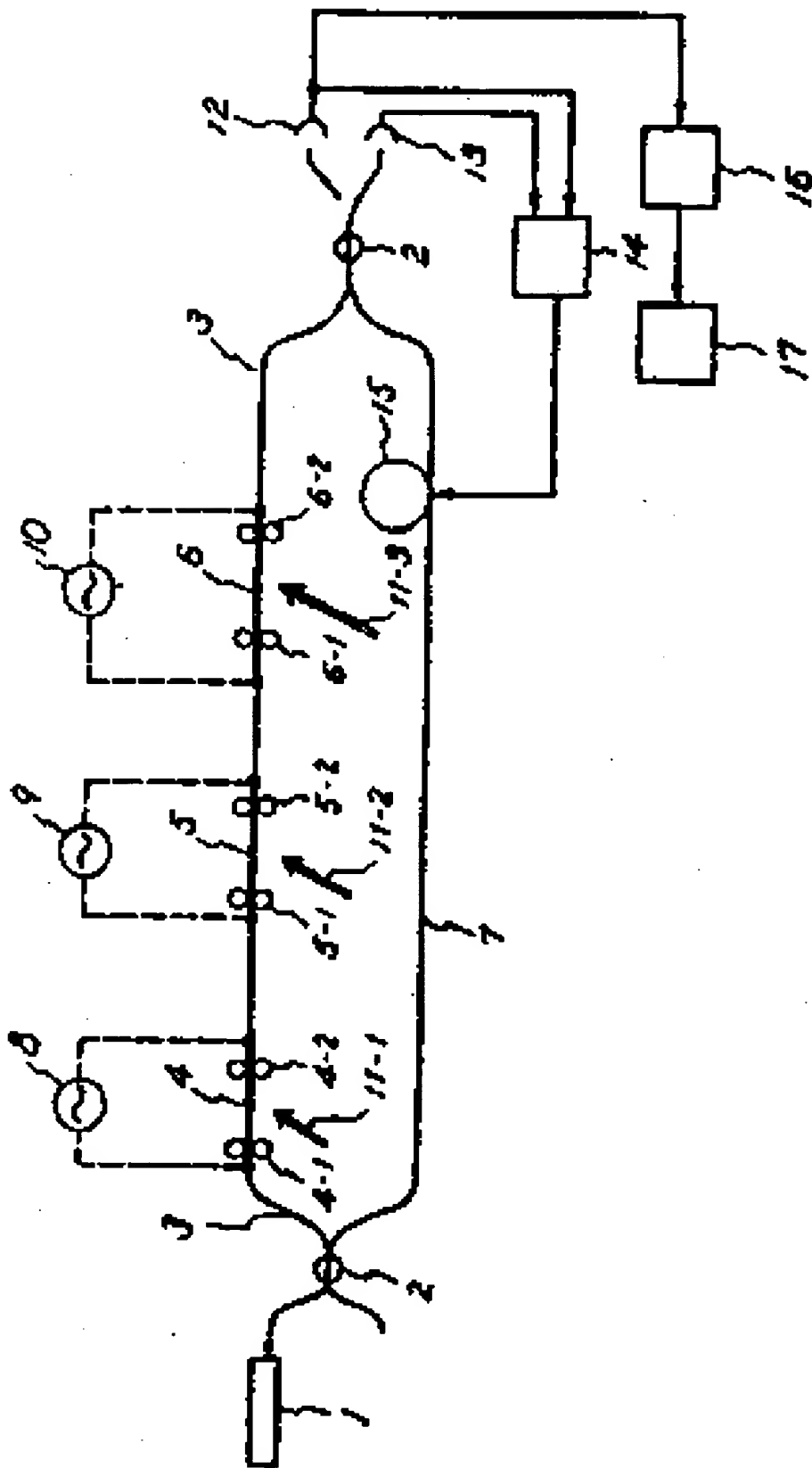
CLIPPEDIMAGE= JP401035284A
PUB-NO: JP401035284A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 01035284 A
TITLE: MAGNETIC FIELD DISTRIBUTION SENSOR
PUBN-DATE: February 6, 1989
INVENTOR-INFORMATION:
NAME
OKAMURA, HARUO
INT-CL_(IPC): G01R033/032; G01R033/10
US-CL-CURRENT: 324/244.1,324/260

ABSTRACT:

PURPOSE: To effectively utilize the low loss property and economical efficiency of an optical fiber and to economically measure a magnetic field over a wide range with high sensitivity, by obtaining DC or AC magnetic field intensity data at a plurality of the points on the optical fiber with high sensitivity by utilizing Lorentz force.

CONSTITUTION: AC currents are allowed to flow to the coating of a metal coated fiber from AC current sources 8, 9, 10 and the fiber is distorted in an alternating manner by the Lorentz forces acting between a magnetic field and the currents and the interference output generated by this AC strain is detected by a light detector 12 or 13 and a weak magnetic field is detected by utilizing that AC amplitude reflects the intensity of a magnetic field. In order to prevent that the fundamental frequencies or higher harmonics frequencies of respective mechanical resonance are not superposed each other, one of or both of the respective support intervals of support tensions are set to a condition different from other condition.

COPYRIGHT: (C)1989,JPO&Japio



⑫ 公開特許公報(A)

昭64-35284

⑬ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和64年(1989)2月6日

G 01 R 33/032
33/106860-2G
6860-2G

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 磁界分布センサ

⑯ 特 願 昭62-76072

⑰ 出 願 昭62(1987)3月31日

⑱ 発 明 者 岡 村 治 男 東京都武蔵野市緑町3丁目9番11号 日本電信電話株式会社
社通信網第一研究所内

⑲ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑳ 代 理 人 弁理士 本 間 崇

PTO 2002-3443

S.T.I.C. Translations Branch

明 細 書

1. 発明の名称

光ファイバ磁界センサ

2. 特許請求の範囲

(1) 光ファイバを用いた二光束光干渉系の、測定しようとする直流または交流磁界内に暴露される信号光路の少なくとも一部を金属被覆ファイバで構成し、該金属被覆ファイバによる光路上の異なる複数の部分に、その中間部が振動可能なように長手方向の2点を拘持した箇所を設け、該両側を拘持した部分の金属被覆に対してそれぞれ異なる周波数の交流電流を注入するとともに、当該二光束光干渉系の出力から周波数弁別装置によって前記各交流周波数に対応する成分を検出する構成であって、前記振動可能なように両側を拘持した部分の金属被覆ファイバの物理的特性をそれぞれの機械的共振の基本周波数がそれぞれの金属被覆に注入される交流周波数に一致し、かつ、該機械的共振の基本周波数またはその

高周波周波数が互いに重ならないように設定

したことを特徴とする磁界分布センサ。

(2) 拘持された2点間の振動し得る部分の金属被覆ファイバの形状が直線状であって、該拘持された2点間の距離あるいはその間の強力により物理的特性を満足せしめる特許請求の範囲第(1)項記載の磁界分布センサ。

(3) 拘持された2点間の振動し得る部分の金属被覆ファイバの形状が曲線または螺旋状であって、金属被覆ファイバ自身の曲げ剛性でその形状を保たせる特許請求の範囲第(1)項記載の磁界分布センサ。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、磁界分布検出装置に関するものであって、特に光ファイバを用いた磁界分布センサに係る。

〔従来の技術〕

従来、光ファイバを用いた光干渉型磁界検出装置としては磁歪型およびファラデー効果型の

ものがあつたが、これらはいずれも一点の磁界強度情報のみを得るものであつた。また、磁界の分布を測定する方法としては、文献「J. N. Loss et. al., Electron. Lett. 17, p 597 1981」に記載されているOTDR (Optical Time Domain Reflection: 光パルス反射法) によるものが一例あるが、これは、ファイバのファラデー効果を利用し、交流磁界のみを測定するものであり測定感度が極めて低かつた。

そして、現在、広範囲にわたって空間的に分布する微弱な磁界の分布情報を高感度に一つの光干渉系で検出する磁界分布検出装置の例はない。

〔発明が解決しようとする問題点〕

本発明は上述のような従来の問題点に鑑み、金属被覆ファイバ (以下メタル被覆ファイバともいう) の被覆に交流電流を流し、磁界と電流間に働くローレンツ力でファイバを交流的に歪ませ、この交流歪によって生じる干渉出力の交

交流電流を印加すれば磁界の強さを反映した振幅を有する交流出力を得ることができる。

特に一般の干渉型ファイバセンサでは低周波温度ドリフトのために直流測定が困難で、従来の直流磁界測定も磁歪材料の非線形を利用する等の工夫を要した。本発明はこの点も解決している。

更に、同時に多点の磁界強度情報を得るためには、被覆に印加する交流として各測定点にそれぞれ異なった周波数を搬送波として割り当て、周波数分割多重し、検出系で周波数弁別すればよい。

以上の構成のように、広範囲にわたって空間的に分布する磁界の分布情報を高感度に一つの光干渉系で検出する測定手段は従来にないものである。

〔実施例〕

第1図は、本発明の一実施例を示す図であつて、1は光源、2はカップラ、3はメタル被覆ファイバ、4は磁界センシング部1、4-1、

流的強度変化の振幅から微弱な直流または交流磁界を検出する構成を基本とし、特に広範囲にわたって空間的に分布する磁界の分布情報を高感度に一つの光干渉系で検出する全く新しい測定手段を提供することを目的としている。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明によれば、上述の目的は、前記特許請求の範囲に記載した手段により達成される。

すなわち、本発明は磁界が電流に及ぼすローレンツ力を磁界検出に利用することと、動じに多点の磁界強度情報を得ることの二点において、新規性を有している。

まず、ローレンツ力を磁界検出に利用する原理を述べる。

ファイバのメタル被覆中の電流に直交する磁界による力 f (N/m) は、 B : 磁束密度 (T)、 I : 電流 (A) とすると

$$f = BI$$

で与えられる。この力で歪んだファイバの伝播光の位相変化を干渉検出する。このとき被覆に

4-2は支点、5は磁界センシング部2、5-1、5-2は支点、6は磁界センシング部3、6-1、6-2は支点、7は参照光路、8は周波数 f_1 の交流電流源、9は周波数 f_2 の交流電流源、10は周波数 f_3 の交流電流源、11-1~11-3は直流または交流磁界分布、12、13は受光器、14は補償器、15は位相制御器、16は周波数弁別装置、17は表示装置を表わしている。

以下に本実施例の動作を説明する。二光束干渉系の実施例として、ここではマッハツェンダ干渉系を用いている。

磁界センシング部4、5、6としてニッケルまたはアルミニウム被覆ファイバを用い、これを部分的に三箇所、支点4-1、4-2、5-1、5-2、6-1、6-2で直線状に両端支持し、測定対象となる直流磁界11-1~11-3に暴露する。メタル被覆ファイバの被覆に交流電流源8、9、10より交流電流を流し、磁界と電流間に働くローレンツ力で

ファイバを交流的に歪ませ、この交流歪によって生じる干渉出力を受光器12または13で検出しこの交流振幅が磁界強度を反映することを利用して微弱な磁界を検出する。

ここで直線状に支持された部分のファイバのそれぞれの機械的共振の基本周波数を、それぞれがお互いの基本周波数または高調波周波数に一致しないように配座して f_1 、 f_2 、 f_3 とする。それぞれの機械的共振の基本周波数または高調波周波数が互いに重ならないためには、それぞれの支持間隔または支持張力の一方または両方について他と異なる条件を設定する必要がある。

次に直線支持部分4、5、6のファイバの金属被覆に対しそれぞれ、周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 の交流電流を注入する一方、前記マッハツェンダ干渉系の出力12または13を周波数分別装置16に導入し、前記周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 のに対応する周波数成分のパワーを検出する。

たは支持張力の一方または両方の条件を適当に選択することによって交流磁界の測定も可能である。

本実施例においては、振動可能なごとく拘持する部分の金属被覆ファイバが直線状の場合について示しているが、これは直線状に限るものではなく、任意の形状とすることが可能であり、例えば、曲線状あるいは螺旋状として、張力を引加せず金属ファイバ自身の曲げ剛性でその形状を保持させる構造にすることも可能である。

また、二光束干渉系の別の実施例としてマイケルソン干渉系や偏波維持光ファイバを用いた直交偏波間の干渉を利用する光干渉系も考えられる。

マイケルソン干渉系では、第1図に示した実施例で用いたマッハツェンダ干渉系と同等の感度が得られる。偏波維持光ファイバを用いた直交偏波間の干渉を利用する光干渉系では、使用する光ファイバが一本でよいから、構成が簡単

測定環境の空間的温度分布等に起因する出力信号の時間的ドリフトは補償器14、位相制御器15で除去する。本補償系で数Hz以下のドリフトを抑圧して測定感度が最高となる条件を維持することができる。

第2図に本構成(センシング部は一箇所)で行なった直流磁界の測定結果の例を示す。

同図において、地磁気の約1/100までの高感度の測定が達成されていることがわかる。

なお、受光器12または13で検出した交流振幅が時間的に変化する場合は、この交流振幅の時間的変化がセンシング部分のファイバの機械的共振周波数 f_1 、 f_2 、 f_3 にくらべて十分に遅ければ検出可能である。

第2図に示す特性を得た直流磁界の測定ではセンシング部分のファイバの支持間隔は約115mmで、その部分のファイバの機械的共振周波数は約170Hzであったので、この場合100Hz程度までの測定は十分可能である。

このようにセンシングファイバの支持間隔ま

になる利点がある。ただし、測定感度は一般に低い。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明の磁界分布センサは、磁界が電流に及ぼすローレンツ力を利用して、光ファイバ上の複数の点の直流または交流の磁界強度情報を高感度に得る構成であるから、光ファイバの低損失性、経済性を有効に利用し、数10kmにも及ぶ広範囲にわたる磁界測定を高感度、経済的に行なうことが可能で、例えば海底ケーブル敷設位置探知、海底資源探知、地磁気分布測定、地下鉱物等の探知への応用ができる。

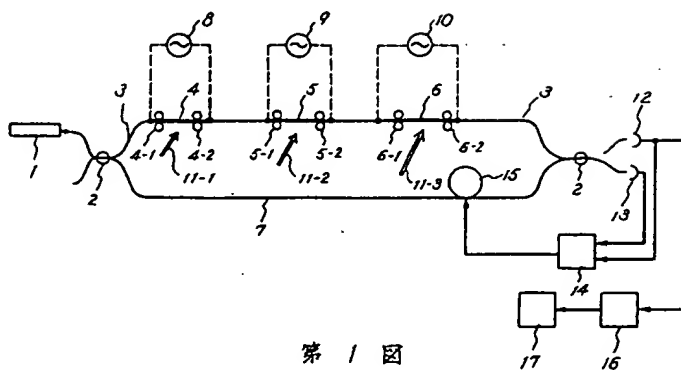
また、ファイバの細径である点を生かして狭い空間の直流または交流の磁界強度分布も高精度に簡単な構成で測定できる等、その応用範囲は極めて広い。

4. 図面の簡単な説明

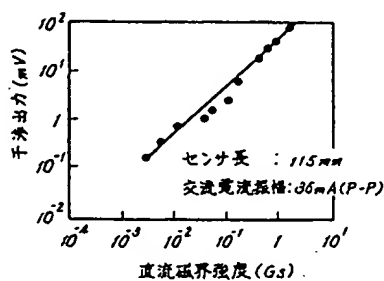
第1図は本発明の一実施例を示す図、第2図は測定結果の例を示す図である。

1 …… 光源、 2 …… カップラ、 3 …… ノタル被覆ファイバ、 4 …… 磁界センシング部1、 4-1, 4-2 …… 支点、 5 …… 磁界センシング部2、 5-1, 5-2 …… 支点、 6 …… 磁界センシング部3、 6-1, 6-2 …… 支点、 7 …… 参照光路、 8 …… 周波数 f_1 の交流電流源、 9 …… 周波数 f_2 の交流電流源、 10 …… 周波数 f_3 の交流電流源、 11-1 ~ 11-3 …… 直流または交流磁界分布、 12, 13 …… 受光器、 14 …… 補償器、 15 …… 位相制御器、 16 …… 周波数弁別装置、 17 …… 表示装置

代理人 弁理士 本 間 崇



第 1 図



第 2 図

手 続 補 正 書 (方 式)

昭和 63 年 9 月 9 日

特許庁長官 吉田文毅 殿

1. 事件の表示

昭和 62 年 特 許 願 第 076072 号

2. 発 明 の 名 称

磁 界 分 布 セ ン サ

3. 補正をする者

事件との関係 特 許 出願人

住 所 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号
氏 名(名称) (422) 日本電信電話株式会社
代表者 山 口 開 生

4. 代 理 人 干100 電 03-242-3800(代)

住 所 東京都千代田区大手町2丁目6番2号
日本ビルディング1334区
氏 名 (7406) 弁理士 本 間 崇



補正命令の日付(発送日) 昭和63年8月30日

5. 補 正 の 対 象

明 細 書 の「発 明 の 名 称」の 欄

6. 補 正 の 内 容

明細書の発明の名称を「磁界分布センサ」と補正する。



PTO 02-3443

Japanese Kokai Patent Application
No. Sho 64[1984]-35284

MAGNETIC FIELD DISTRIBUTION SENSOR

Haruo Okamura

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
WASHINGTON, D.C. JULY 2002
TRANSLATED BY THE RALPH MCELROY TRANSLATION COMPANY

JAPANESE PATENT OFFICE
PATENT JOURNAL (A)
KOKAI PATENT APPLICATION NO. SHO 64[1989]-35284

Int. Cl. ⁴ :	G 01 R 33/032 33/10
Sequence Nos. for Office Use:	6860-2G
Filing No.:	Sho 62[1987]-76072
Filing Date:	March 31, 1987
Publication Date:	February 6, 1989
No. of Inventions:	1 (Total of 5 pages)
Examination Request:	Not filed

MAGNETIC FIELD DISTRIBUTION SENSOR

[Jikai funbu sensa]

Inventor:	Haruo Okamura
Applicant:	Nippon Telegraph and Telephone Corp.

[Attached amendments have been incorporated into text of translation.]

Claims

1. A magnetic field distribution sensor characterized by the following facts: the constitution is as follows: at least a portion of the signal optical path of a two-beam interferometer that is exposed to the DC or AC magnetic field to be measured is made of a metal-clad fiber; at multiple different portions on the optical path made of the metal-clad fiber, a site is set with two points in the longitudinal direction restrained such that the middle portion can vibrate; AC currents at different frequencies are injected into the metal covering of the portions with two sides restrained, and, at the same time, a frequency discriminating device is used to detect the components corresponding to the aforementioned AC frequencies, respectively; in this constitution, the physical characteristics of the metal-clad fiber in the portions with two sides

restrained that allow vibrations are selected such that the fundamental frequencies of their mechanical resonance are in agreement with the AC frequencies injected into the metal clad, respectively, and the fundamental frequencies and their high-frequency frequencies [sic, and their harmonics] are not equal to each other.

2. The magnetic field distribution sensor described in Claim 1 characterized by the fact that the metal-clad fiber of the portion with two points restrained to allow vibration between them has a straight linear shape, and the physical characteristics requirement is met by selecting the appropriate distance between said two restrained points or the tension between them.

3. The magnetic field distribution sensor described in Claim 1 characterized by the fact that the metal-clad fiber of the portion with two points restrained to allow vibration between them has a curve or spiral shape, and the shape is maintained by means of the flexural rigidity of the metal-clad fiber itself.

Detailed explanation of the invention

Industrial application field

This invention pertains to a magnetic field distribution sensor. More specifically, this invention pertains to a magnetic field distribution sensor that makes use of an optical fiber.

Prior art

Conventional enterferometer type magnetic field detecting devices using optical fibers include magnetostrictive type Faraday effect type. However, all of these types can obtain the information of the magnetic field only at a single point. As far as the method for measurement of distribution of magnetic field is concerned, there is an example of ORDR (Optical Time Domain Reflection) described in J. N. Loss, et al.: Electron. Lett., 17, p. 597, 1981. In this example, the Faraday effect of a fiber is used only to measure the AC magnetic field. Also, the measurement sensitivity is very low.

Consequently, there is yet no magnetic field distribution detecting device that can detect the information of distribution of the weak magnetic field distributed in a wide range of space using a single enterferometer at a high sensitivity.

Problems to be solved by the invention

The purpose of this invention is to solve the aforementioned problems of the conventional methods by providing a novel measurement means of the information of the magnetic field distribution characterized by the following facts: AC current is made to flow in the covering of a fiber clad with a metal (hereinafter referred to as metal-clad fiber), and an AC distortion takes place in the fiber due to the Lorentz force acting between the magnetic field and

the current; from the amplitude of variation in the AC intensity of the interference output generated due to the AC distortion, the weak DC or AC magnetic field is detected; based on this constitution, it can detect the information of distribution of the magnetic field distributed in a wide range of space with a single enterferometer at a high sensitivity.

Means for solving the problems

According to this invention, the aforementioned purpose can be realized using the means described in the aforementioned claims of the patent application.

That is, this invention has its novelty in the following two features: first, the Lorentz force of the magnetic field acting on the current is used in detecting the magnetic field; second, it is possible to obtain information of the magnetic field intensity at plural points in a dynamic manner.

First of all, let's look at the principle of using the Lorentz force in detecting the magnetic field.

The force f (N/m) acting by an orthogonal magnetic field on a current in the metal clad of a fiber is as follows:

$$f=BI$$

Where, B is the magnetic flux density (T), and I is the current (A).

Variations in the phase of the light propagating in the fiber with said distortion is detected by the interference method. In this case, when an AC current is applied on the clad, an AC output having an amplitude that reflects the magnetic field intensity can be obtained.

In particular, for the general type interference fiber sensor, DC measurement is difficult due to the low-frequency temperature drift phenomenon. Consequently, in the prior art of measurement of DC magnetic field, the nonlinearity of the magnetostrictive material is used, and other efforts are made. This problem is also solved in this invention.

In addition, in order to obtain information of magnetic field intensity at plural points at the same time, the AC frequencies of the carrier waves applied on the clad at various measurement points are different from each other. That is, a frequency multiplexing scheme is adopted so that frequency discrimination can be performed to get the desired information at plural points at the same time.

In the prior art, there is no measurement means that can detect information of distribution of the magnetic field distributed in a wide range of space with a single enterferometer at a high sensitivity.

Application Examples

Figure 1 is a diagram illustrating an application example of this invention. (1) represents a light source; (2) represents a coupler; (3) represents a metal-clad fiber; (4) represents the first magnetic field sensing unit, (4-1) and (4-2) represent supporting points; (5) represents the second magnetic field sensing unit; (5-1) and (5-2) represent supporting points; (6) represents the third magnetic field sensing unit; (6-1) and (6-2) represent supporting points; (7) represents a reference light source; (8) represents an AC current source at frequency f_1 ; (9) represents an AC current source at frequency f_2 ; (10) represents an AC current source at frequency f_3 ; (11-1)-(11-3) represent DC or AC magnetic field distributions; (12) and (13) represent light receivers; (14) represents a compensator; (15) represents a phase controller; (16) represents a frequency discriminating device; and (17) represents a display unit.

In the following, let's look at the operation of this application example. As an application example of the two-beam enterferometer, a Mach-Zehnder enterferometer is used in this application example.

As magnetic field sensing units (4), (5), (6), a fiber clad with nickel or aluminum is used. Three portions of the fiber are linearly supported at two ends with supporting points (4-1) and (4-2), (5-1) and (5-2), and (6-1) and (6-2), respectively. They are exposed to DC magnetic fields (11-1)-(11-3) as the objects of measurement. AC currents generated by AC current sources (8), (9), (10) are made to flow through the clad portions of the metal-clad fiber and, by means of the Lorentz force of the magnetic field acting on the current, AC distortion takes place in the fiber. The interference output generated due to the AC distortion is detected with light receiver (12) or (13). The fact that the AC amplitude reflects the magnetic field intensity is used to detect the weak magnetic field.

The fundamental frequencies of the mechanical resonance of the fiber in these portions supported in a straight linear manner are f_1 , f_2 , and f_3 , for which the fundamental frequencies and their harmonics are not equal to each other. In order to ensure that these fundamental frequencies of mechanical resonance and their harmonics are not equal to each other, it is necessary to select different supporting spacings and/or supporting tensions for these portions.

For the metal clad of the fiber of said linearly supported portions (4), (5), (6), AC currents at frequencies f_1 , f_2 , f_3 are injected. On the other hand, output (12) or (13) of said Mach-Zehnder enterferometer is fed into frequency discriminating device (16), and the magnitudes of the frequency components corresponding to said frequencies f_1 , f_2 , f_3 are detected, respectively.

The drift of the output signal in time caused by the spatial temperature distribution of the measurement environment is removed by means of compensator (14) and phase controller (15).

By means of this compensating system, it is possible to maintain the condition under which the drift is suppressed to a few Hz or smaller and the measurement sensitivity becomes maximum.

Figure 2 is a diagram illustrating the measurement results of the DC magnetic field carried out for this constitution (at a sensing portion).

As can be seen in this figure, it is possible to perform measurement with a sensitivity as high as about 1/100 of the earth magnetic field.

Also, when the AC amplitude detected by light receiver (12) or (13) varies over time, it can be detected sufficiently if variation of the AC amplitude over time is sufficiently slower than mechanical resonance frequencies f_1 , f_2 , f_3 of the fiber for the sensing portions.

In the measurement of the DC magnetic field with the characteristics shown in Figure 2, the supporting spacing of the fiber of the sensing portion is about 115 mm, and the mechanical resonant frequency of the fiber of this portion is about 170 Hz. Consequently, in this case, measurement can be well made up to a precision of about 100 Hz.

In this way, by selecting the supporting spacing and/or the supporting tension of the sensing fiber appropriately, it is possible to measure the AC magnetic field.

In this application example, the metal-clad fiber restrained to enable vibration has a straight linear shape. However, the shape is not limited to the straight linear shape. Any other shape may be adopted, too. For example, the curved shape or spiral shape may be adopted. In such case, the shape is maintained by means of the flexural rigidity of the metal fiber itself without applying a tension on it.

Also, as another application example of the two-beam enterferometer, Michelson enterferometer and the enterferometer that makes use of the interference between orthogonal polarized waves using an optical fiber that supports polarized waves may also be used.

For the Michelson enterferometer, the same sensitivity as that of the Mach-Zehnder enterferometer used in the application example shown in Figure 1 may be used. For the enterferometer that makes use of the interference between orthogonal polarized waves using an optical fiber that supports polarized waves, the structure is simple because a single optical fiber may be used. This is an advantage. However, the measurement sensitivity is usually low in this case.

Effects of the invention

As explained above, for the magnetic field distribution sensor of this invention, the Lorentz force of the magnetic field acting on the current is used to determine with at a high sensitivity the information of the DC or AC magnetic field intensity on the optical fiber. Consequently, the advantages of low loss and low cost of optical fiber can be realized effectively, and it is possible to measure the magnetic field in a wide range of tens of km at a

high sensitivity and a low cost. For example, it can be used in detecting the site of laying of submarine cables, detection of sea bottom resources, measurement of the earth magnetic field distribution, detection of underground minerals, etc.

Also, by means of the fine size of the fiber, it is possible to measure the DC or AC magnetic field distribution in a narrow space in a simple constitution. The application range of this invention is very wide.

Brief description of figures

Figure 1 is a diagram illustrating an application example of this invention. Figure 2 is a diagram illustrating an example of the measurement results.

1	Light source
2	Coupler
3	Metal-clad fiber
4	First magnetic field sensing unit
4-1, 4-2	Supporting points
5	Second magnetic field sensing unit
5-1, 5-2	Supporting points
6	Third magnetic field sensing unit
6-1, 6-2	Supporting points
7	Reference optical path
8	AC current source with frequency f_1
9	AC current source with frequency f_2
10	AC current source with frequency f_3
11-1 to 11-3	DC or AC magnetic field distribution
12, 13	Light receiver
14	Compensator
15	Phase controller
16	Frequency discriminating device
17	Display unit

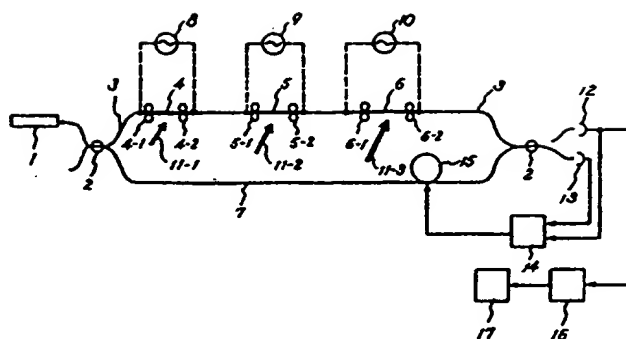


Figure 1

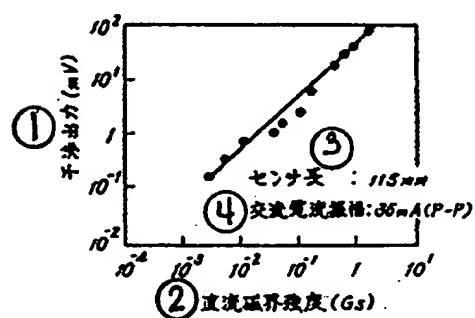


Figure 2

- Key:
- 1 Interference output
 - 2 DC magnetic field intensity
 - 3 Length of sensor
 - 4 Amplitude of AC current